

**ANALISA BIAYA TRAFIK AKIBAT RUGI-RUGI DAYA TOTAL DENGAN
METODE NILAI TAHUNAN (*ANNUAL WORTH METHOD*)
Di PLTA WONOGIRI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

ALDI BAMBANG N

D 400 160 056

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS BIAYA TRAFIK AKIBAT RUGI-RUGI DAYA TOTAL DENGAN METODE
NILAI TAHUNAN (*ANNUAL WORTH METHOD*)
Di PLTA Wonogiri**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

ALDI BAMBANG N

D 400 160 056

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. JATMIKO, M.T

NIK. 622

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA BIAYA TRAFIK AKIBAT RUGI-RUGI DAYA TOTAL DENGAN
METODE NILAI TAHUNAN (*ANNUAL WORTH METHOD*)
Di PLTA WONOGIRI**

OLEH

ALDI BAMBANG N

D 400 160 056

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 30 Juni 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Jatmiko, M.T

(Ketua Dewan Penguji)

()

2. Hasyim Asy'ari, S.T., M.T

(Anggota I Dewan Penguji)

()

3. Agus Supardi, S.T., M.T

(Anggota II Dewan Penguji)

()

Dekan,




H. Sutis Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM

NIK.628

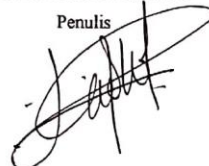
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 30 Juni 2020

Penulis



ALDI BAMBANG N

D 400 160 056

ANALISA BIAYA TRAF0 AKIBAT RUGI-RUGI DAYA TOTAL DENGAN METODE NILAI TAHUNAN (*ANNUAL WORTH METHOD*) Di PLTA WONOGIRI

Abstrak

Transformator adalah suatu peralatan listrik yang masuk dalam klarifikasi mesin listrik statis dan mempunyai fungsi sebagai penyalur tenaga atau daya listrik dari tenaga tinggi ke tenaga rendah atau sebaliknya dengan frekuensi sama. Dasar teori dari transformator adalah apabila ada arus bolak-balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi tersebut akan berubah menjadi magnet dan magnet tersebut dikelilingi oleh belitan maka kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda tegangan mengelilingi magnet, sehingga akan timbul gaya gerak listrik (GGL). Analisis yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan rugi daya tanpa beban dan berbeban serta total biaya rugi-rugi daya. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengumpulkan bahan penelitian dari berbagai jurnal ilmiah dan buku, mengumpulkan data secara langsung ke PLTA Wonogiri, dan melakukan analisis data yang di dapat. Dari hasil perhitungan rugi daya tanpa beban hasilnya konstan dan rugi daya berbeban selalu berubah-ubah setiap tahunnya. Hasil perhitungan total biaya rugi-rugi daya didapat biaya paling kecil pada tahun pertama yaitu sebesar Rp. 138.660.961 dan paling besar pada tahun ke-10 sebesar Rp. 346.036.012

Kata Kunci: berbeban, gaya gerak listrik, tak berbeban, total biaya, transformator

Abstract

transformer is an electrical device that is included in the clarification of a static electric engine and has a function as a distributor of power or electric power from high power to low power or vice versa with the same frequency. The basic theory of the transformer is that if there is an alternating current flowing around an iron core, the iron core will turn into a magnet and the magnet is surrounded by entanglement, so the two ends of the winding will be different voltage around the magnet, so there will be an electric force (GGL). The analysis carried out aims to determine the ratio of power losses without load and load and total costs of power losses. The steps taken in this research are collecting research materials from various scientific journals and books, collecting data directly to the Wonogiri Hydroelectric Power Plant, and analyzing the data obtained. From the results of the calculation of power loss without load the results are constant and the burden of power load always changes every year. The results of the calculation of the total cost of power losses obtained the smallest cost in the first year of Rp. 138,660,961 and the largest in the 10th year of Rp. 346,036,012

Keywords: burden, electromotive force, no burdened, total cost, transformer

1. PENDAHULUAN

Transformator adalah suatu peralatan listrik yang masuk dalam klarifikasi mesin listrik statis dan mempunyai fungsi sebagai penyalur tenaga atau daya listrik dari tenaga tinggi ke tenaga rendah atau sebaliknya dengan frekuensi sama. Dalam pengoperasiannya, transformator tenaga biasanya di tanahkan pada titik netral, sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengaman atau proteksi. Sebagai contoh transformator 70/20 kV di tanahkan dengan tahanan di sisi netral 20 kV, dan transformator 150/70 kV langsung ditanahkan pada sisi netral 150 kV. Transformator yang telah di produksi terlebih dahulu melalui proses pengujian yang telah di tetapkan.

Pemasangan beban yang tidak seimbang dapat mengakibatkan losses atau rugi-rugi. Hal ini di utarakan oleh Dahlan (2009) pada penelitian ini menyatakan bahwa ketika transformator diberi beban yang tidak stabil maka arus ac yang berguna untuk induksi fluks magnetik pada trafo akan meningkat, semakin besar fluks magnetik untuk beban maka semakin besar *losses* pada transformator.

Berdasarkan hasil analisis oleh Patras (2015) menyatakan bahwa Ketidak seimbangan beban pada suatu sistem jaringan distribusi tenaga listrik selalu terjadi, dan penyebab ketidak seimbangan tersebut adalah pada pengaturan beban-beban satu fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidak seimbangan beban tersebut muncul arus pada netral trafo. Arus yang mengalir pada netral trafo ini menyebabkan terjadinya *losses* (rugi-rugi), yaitu *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo penyaluran energi listrik pada sistem distribusi dimana susut tegangan akan mempengaruhi penyaluran energi listrik kepada konsumen dimana jika terjadi susut tegangan pada sistem distribusi maka energi listrik yang akan disalurkan kepada konsumen akan menjadi tidak standar lagi.

Dasar teori dari transformator adalah apabila ada arus bolak-balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi tersebut akan berubah menjadi magnet dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh sebuah belitan maka kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda tegangan mengelilingi magnet, sehingga akan timbul gaya gerak listrik (GGL).

GGL yang mengalir ke inti besi secara terus menerus maka lempengan-lempengan besi yang terisolir tersebut akan menimbulkan panas yang di timbulkan oleh arus eddy (*eddy current*). Salah satu pengujiannya adalah memberi tegangan pada *sirkuit* transformer dalam keadaan terbuka untuk mengetahui rugi-rugi inti yang didapat pada inti besi tersebut. Sedangkan untuk memperoleh rugi tembaga, tahanan pada rangkaian dialiri arus berbeban karena rugi ini terjadi pada belitan trafo yang

terbuat dari tembaga maka rugi ini di sebut rugi tembaga. Dari uraian di atas akan membandingkan *losses* yang berbeda terhadap keandalan biayanya.

2. METODE

Langkah-langkah penelitian menggunakan beberapa metode,yaitu :

2.1 Studi literatur

Studi literatur yang dilakukan dengan cara mengumpulkan bahan penelitian dari berbagai jurnal ilmiah dan buku.

2.2 Pengumpulan Data

Pengambilan data yang dilakukna secara langsung di PLTA Wonogiri dengan mengambil beberapa data pada transformator yaitu rugi-rugi daya berbeban dan tak berbeban, penggunaan transformator selama sehari.

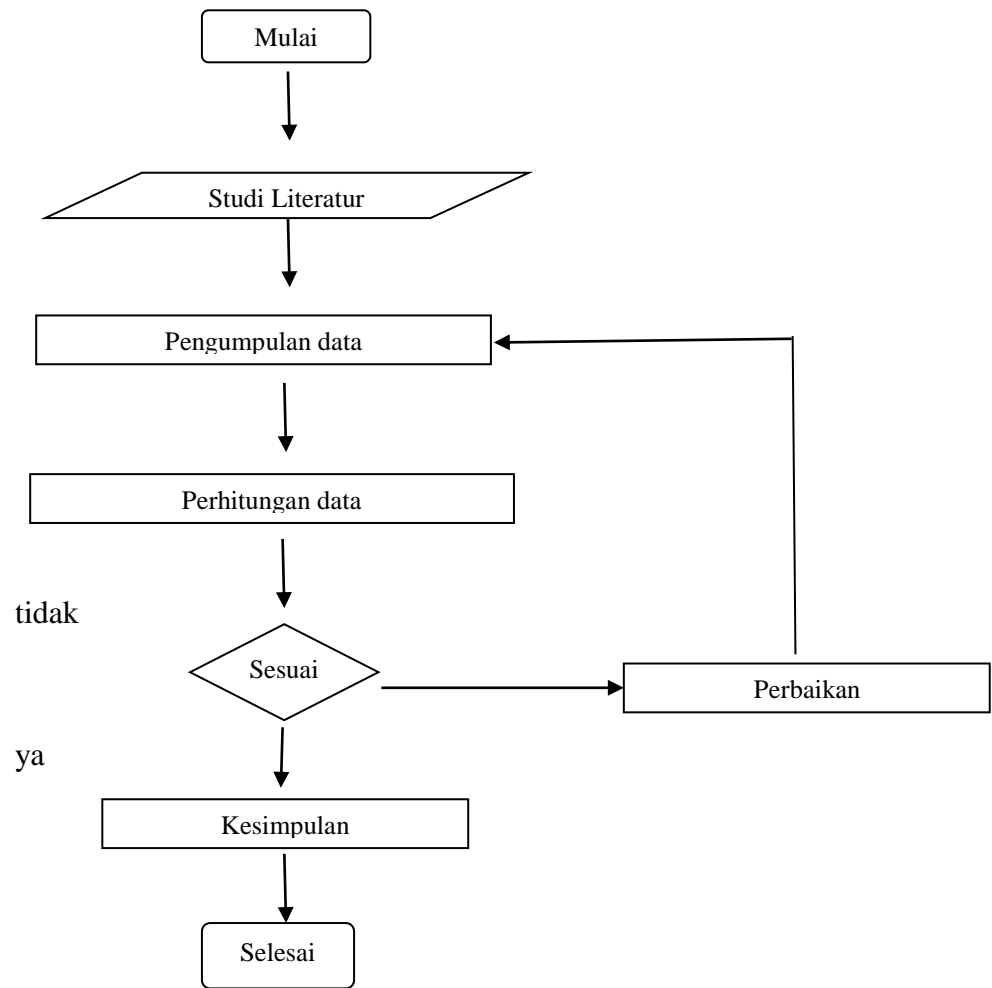
2.3 Perhitungan data

Setelah pengambilan data cukup langkah selanjutnya yaitu perhitungan data sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Jika dirasa perhitungan sudah cukup memuaskan langkah selanjutnya yaitu tahap kesimpulan.

2.4 Tahap Kesimpulan

Setelah perhitungan selesai maka selanjutnya dilakukan kesimpulan apakah data dan perhitungan sudah sesuai.

2.5 Flowchart



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan biaya rugi-rugi daya pada transformator terdiri dari dua yaitu perhitungan biaya rugi tanpa beban dan perhitungan biaya rugi berbeban. Hasil dari kedua biaya ini adalah total biaya rugi-rugi daya transformator.

Rugi-rugi pada inti besi trafo merupakan rugi-rugi daya tanpa beban. Besarnya rugi-rugi ini dapat diukur ketika trafo tidak dibebani. Besarnya rugi-rugi tanpa beban ini akan tetap dan dapat dihitung dengan persamaan 1 berikut:

$$Btb = (8760 \times Btl) \cdot Rbn$$

(1)

dengan:

Btb = Biaya rugi daya tanpa beban (Rp/thn)

8760 = Jumlah waktu dalam satu tahun (jam/tahun)

Btl = Biaya tenaga listrik (Rp/Kw pertahun)

Rbn = Rugi daya tanpa beban (Kw)

Biaya rugi-rugi daya berbeban besarnya akan berubah berdasarkan besar beban trafo. Jika beban naik maka rugi-rugi daya berbeban juga akan naik sehingga biaya akan naik juga. Dalam perhitungan biaya rugi daya berbeban harus mencari terlebih dahulu faktor rugi-rugi, daya maksimal trafo, dan faktor pertumbuhan beban. Biaya rugi-rugi berbeban dapat dihitung dengan persamaan 2 berikut:

$$Bb = (Fr \cdot 8760 \cdot Btl) \cdot Rb (Pmaks/Sn)^2 \cdot k$$

(2)

dengan :

Bb = Biaya rugi berbeban tahun ke-n (Rp/thn)

Fr = faktor rugi-rugi

8760 = Jumlah waktu dalam satu tahun (jam/tahun)

Btl = Biaya tenaga listrik (Rp/Kw pertahun)

Rb = Rugi daya berbeban trafo

Pmaks = Daya maksimal trafo (MW)

Sn = Kapasitas trafo

k = Faktor pertumbuhan beban

untuk mencari :

Fr = faktor rugi-rugi

$$Fr = \text{Faktor beban } (c) + (1-c) (\text{Faktor beban})^2 \quad (3)$$

dengan :

$$\text{Faktor beban} = \frac{P_{rata}}{P_{puncak}}$$

P_{rata} = Daya rata-rata

P_{puncak} = Daya saat beban puncak

c = Konstanta untuk sistem distribusi 0.15 dan sistem transmisi 0.3

Pmaks = daya maksimal trafo (MW)

$$P_{maks} = P_o (1+r)^n \quad (4)$$

dengan :

P_o = Beban awal

r = Tingkat Pertumbuhan Beban setiap tahun

n = Tahun ke-n

k = Faktor pertumbuhan beban

$$k = \frac{[(1+r)^2[(1+i)^n - (1+r)^{2n}]] \cdot i}{[(1+i) - (1+r)^2][(1+i)^n - 1]} \quad (5)$$

dengan :

i = Tingkat bunga pertahun

r = Tingkat pertumbuhan beban pertahun

n = Jumlah tahun pengusaha

Total biaya rugi-rugi daya trafo dihitung dengan menjumlahkan hasil dari biaya rugi-rugi tanpa beban dan biaya rugi-rugi berbeban dengan menggunakan persamaan 6 sebagai berikut:

$$\text{Brt (n)} = \text{Btb (n)} + \text{Bb (n)}$$

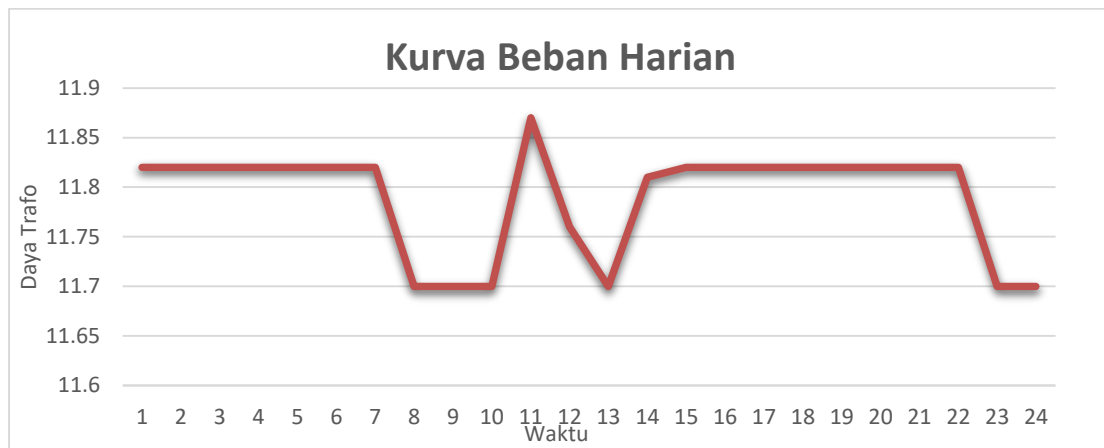
$$= (8760 \times \text{Btl}) \cdot \text{Rbn} + (\text{Fr} \cdot 8760 \cdot \text{Btl}) \cdot \text{Rb} (\text{Pmaks}/\text{Sn})^2 \cdot k$$

(6)

Data-data yang diperoleh :

Tabel 1. Spesifikasi Trafo

Kapasitas trafo	15,5 MW
Tegangan primer	6600 Volt
Tegangan sekunder	22000 Volt
Phasa	3
Frekuensi	50 Hz
Pembebanan	58,1%
Impedansi	5,73%
Rugi besi	7400 W
Rugi tembaga	9500 W
Temperatur	50°C



Gambar 1. Kurva Beban Harian

3.1 Hasil Perhitungan Rugi Daya Tanpa Beban

Cara untuk menghitung rugi daya tanpa beban dapat dilakukan dengan rumus persamaan 1 sebagai berikut :

$$B_{tb} = (8760 \times B_{tl}) \cdot R_{bn}$$

$$(R_{bn}) = 7400 \text{ Watt} = 7,4 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} B_{tb} &= (8760 \times B_{tl}) \cdot R_{bn} \\ &= (8760 \times \text{Rp. } 1.467) 7,4 \\ &= \text{Rp. } 95.096.808 \end{aligned}$$

3.2 Hasil Perhitungan Rugi Daya Berbeban

Cara untuk menghitung rugi daya berbeban pertama kita harus mencari faktor rugi-rugi (F_r), setelah itu mencari daya maksimal trafo (P_{maks}) dan yang terakhir mencari faktor pertumbuhan beban (k). Setelah itu dapat melakukan perhitungan rugi daya berbeban dengan menggunakan rumus persamaan 2 sebagai berikut :

$$B_b = (F_r \cdot 8760 \cdot B_{tl}) \cdot R_b (P_{maks}/S_n)^2 \cdot k$$

$$1. \quad F_r = \text{faktor beban } (c) + (1-c) (\text{faktor beban})^2$$

$$F_b = \frac{P_{rata}}{P_{puncak}} = \frac{11,78}{11,87} = 0,99$$

$$= 0,99 (0,15) + (1 - 0,15) (0,99)^2$$

$$= 0,148 + 0,833$$

$$= 0,98$$

$$2. \text{ Pmaks} = \text{Po} (1+r)^n$$

$$\text{Po} = \frac{58,1}{100} \times 15,5 = 9 \text{ MW}$$

$$r = \frac{8,97 \% + 9,04 \% + 8,59 \%}{3} = 8,86 \%$$

$$= 9 (1 + 8,86 \%)^1$$

$$= 9,79 \text{ MW}$$

Tabel 2. Nila Pmaks

Tahun	1	2	3	4	5	6
Daya	9	9,79	10,66	11,61	12,63	13,75
tertampung	MW	MW	MW	MW	MW	MW
(Pmaks)						

$$3. \quad k = \frac{[(1+r)^2[(1+i)^n - (1+r)^{2n}]] \cdot i}{[(1+i) - (1+r)^2][(1+i)^n - 1]}$$

$$= \frac{[(1+8,86 \%)^2[(1+7,5 \%)^1 - (1+7,5 \%)^{2 \cdot 1}]] \cdot 7,5 \%}{[(1+7,5 \%) - (1+8,86 \%)^2][(1+7,5 \%)^1 - 1]}$$

$$= \frac{(1,0886)^2 + 1,075 - (1,0886)^2 \times 0,075}{1,075 - (1,0886)^2 \times 1,075 - 1}$$

$$= 1,08$$

Tabel 3. Nilai k

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

i	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
l	(	(	1	1	1	1	2	2	3	3	
a	8	9	(	2	5	8	1	5	(	5	
i											
k											

Langkah selanjutnya yaitu menghitung biaya rugi daya berbeban dengan menggunakan rumus persamaan 5 sebagai berikut :

$$Rb = 9500 W = 9,5 \text{ kW}$$

$$Bb_1 = (Fr.8760.Btl).Rb (Pmaks/Sn)^2.k$$

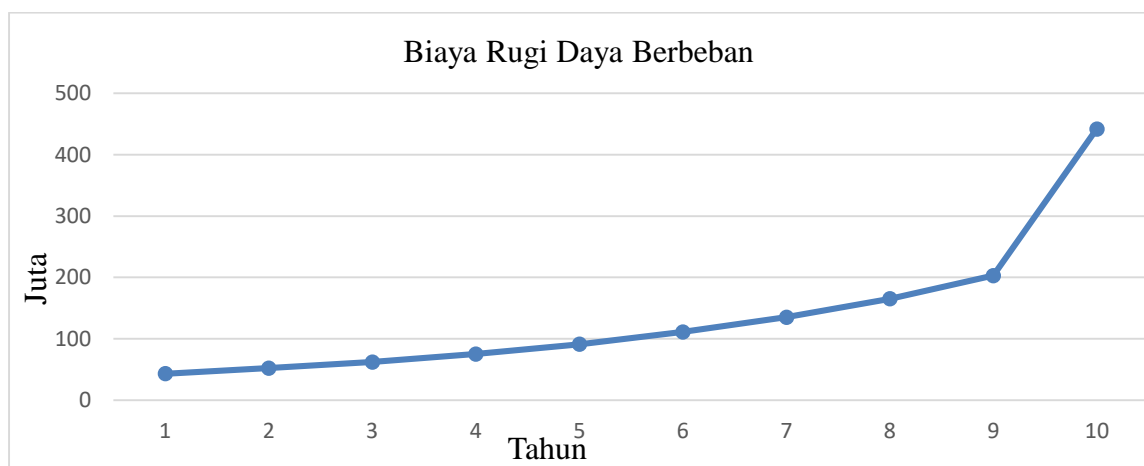
$$Bb_1 = (0,98 \times 8760 \times Rp. 1.467) 9,5 (9 / 15,5)^2 \times 1,08$$

$$Bb_1 = Rp. 43.564.153$$

Tabel 4. Biaya Rugi Daya Berbeban

Tahun	Biaya Rugi Daya Berbeban (Rp)
1	43.564.153
2	52.025.035
3	62.248.314
4	75.180.111
5	91.353.469

6	111.098.426
7	135.035.972
8	165.388.659
9	203.737.554
10	250.939.204



Gambar 2. Kurva Biaya Rugi Daya Berbeban

3.3 Total BiayaaRugi-Rugi Daya

Perhitungan total biaya rugi-rugi daya jika sudah mengetahui biaya rugi tak berbeban dan biaya rugi berbeban adalah menjumlahkan kedua rugi-rugi tersebut pada setiap tahunnya. Dengan menggunakan rumus persamaan 6 sebagai berikut :

$$\text{Brt (n)} = \text{Btb (n)} + \text{Bb (n)}$$

$$= (8760 \times \text{Btl}) \cdot \text{Rbn} + (\text{Fr} \cdot 8760 \cdot \text{Btl}) \cdot \text{Rb} \cdot (\text{Pmaks}/\text{Sn})^{2 \cdot k}$$

$$\text{Brt}_1 = \text{Btb (n)} + \text{Bb (n)}$$

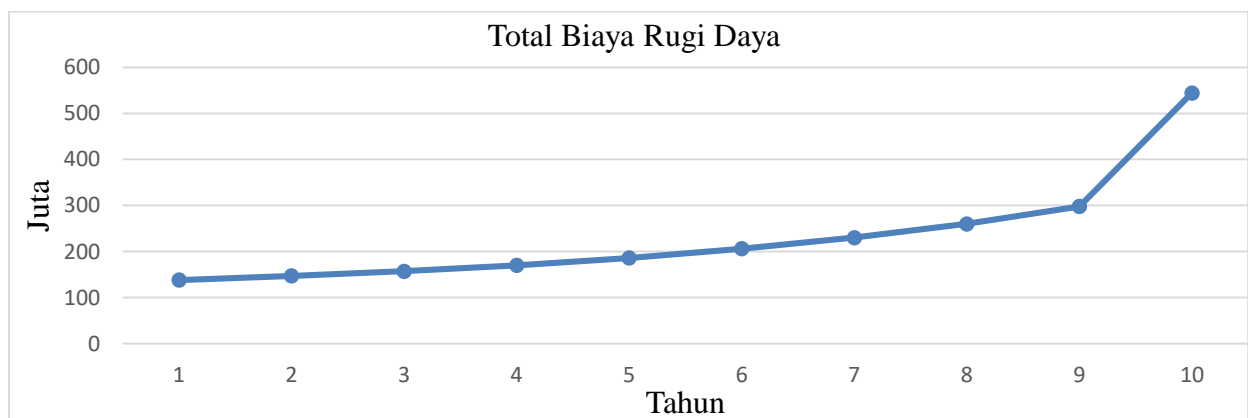
$$= (8760 \times \text{Btl}) \cdot \text{Rbn} + (\text{Fr} \cdot 8760 \cdot \text{Btl}) \cdot \text{Rb} \cdot (\text{Pmaks}/\text{Sn})^{2 \cdot k}$$

$$= 95.096.808 + 43.564.153$$

= Rp. 138.660.961

Tabel 5. Total Biaya Rugi-Rugi Daya

Tahun	Total biaya rugi-rugi daya (Rp)
1	138.660.961
2	147.121.843
3	157.345.122
4	170.276.919
5	186.450.277
6	206.795.234
7	230.132.780
8	260.435.467
9	298.834.362
10	346.036.012



Gambar 3. Kurva Total Biaya Rugi Daya

4. PENUTUP

Berdasarkan perhitungan dari data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perhitungan biaya rugi daya tanpa beban didapat hasil sebesar Rp. 95.069.808. Dikarenakan tanpa beban jadi pengeluaran biaya trafo konstan.
2. Perhitungan biaya rugi daya berbeban pada tahun pertama didapat hasil sebesar Rp. 43.564.153. Dari hasil ini biaya rugi daya trafo berbeban setiap tahun meningkat.
3. Perhitungan total biaya rugi daya pada tahun pertama didapat Rp. 138.660.961. Dari hasil total biaya rugi daya trafo setiap tahunnya selalu meningkat.

PERSANTUNAN

Tugas akhir ini dikerjakan, tidak lepas dari berbagai pihak yang membantu. Penulis berterimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan hidayah, rahmat serta inayah-Nya.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan nasihat, dukungan dan do'a.
3. Bapak Ir. Jatmiko, M.T, selaku pembimbing tugas akhir yang sudah memberikan arahan dan ilmunya terkait tugas akhir.
4. Bapak Anang selaku SPS PLTA Wonogiri yang membantu mencari data dan memberikan ilmunya.
5. Semua bapak dan ibu dosen Teknik elektro yang telah memberikan ilmunya selama perkuliahan.
6. Teman-teman teknik elektro angkatan 2016 yang selalu memberikan semangat untuk segera menyelesaikan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

Benson Marnata Situmorang, "Analisis biaya trafo akibat rugi-rugi daya total dengan menggunakan nilai tahunan (*annual worth method*)". Teknik Elektro Universitas Indonesia, 2011.

Barry W, Kenedy. 2000. *Power Quality Primer*.

Hotong, Nolki J. dkk 2015. "Analisa rugi-rugi daya pada jaringan distribusi di PT. PLN Palu " Other thesis, Universitas Sam Ratulangi Manado.

Pabla, AS.1994. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta. Erlangga.

Risky Ferdian, Eddy Warman. 2013. “ Analisis pemeliharaan trafo distribusi berdasarkan biaya rugi-rugi daya dengan metode nilai tahunan “. Universitas Sumatera Utara.

Statistik PLN. ISSN 0852-8179. 2015,2016,2017.

Tarif Tenaga Listrik 2018. www.PLN.co.id

William G Sullivan. 1997. *Engineering Economy Tenth Edition*. New Jersey. Prentice Hall,Inc.
metode